

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 13 021.7

**Anmeldetag:** 24. März 2003

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:** Schaltungsanordnung mit einem linear veränderlichen differentiellen Transformator (LVDT) als Weg- oder Kraftsensor und Verfahren zum Betreiben einer solchen Schaltungsanordnung

**IPC:** G 01 B, G 01 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. März 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'K. Reif', is written over the text 'Im Auftrag'. Below the signature, the word 'Losig' is printed in a small, sans-serif font.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## Beschreibung

Schaltungsanordnung mit einem linear veränderlichen differentiellen Transformator (LVDT) als Weg- oder Kraftsensor und  
5 Verfahren zum Betreiben einer solchen Schaltungsanordnung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung mit einem linear veränderlichen differentiellen Transformator (LVDT) als Weg- oder Kraftsensor, mit einer Ansteuerschaltung, die mit  
10 der Primärwicklung des Transformators verbunden ist und einen Ausgangsstrom zur Ansteuerung der Primärwicklung bereitstellt und mit einer Auswerteschaltung, die mit den in Reihe geschalteten Sekundärwicklungen des Transformators verbunden ist und ein Messsignal bereitstellt, wobei der Ausgangsstrom  
15 der Ansteuerschaltung einen dreieckförmigen Verlauf mit betragsmäßig gleich großen Anstiegsflanken- und Abfallflankenwerten aufweist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Schaltungsanordnung.

20 Eine solche Schaltungsanordnung ist aus der US 5,777,468 A bekannt. Bei Verwendung einer solchen Schaltungsanordnung zur Bestimmung des Gewichts einer auf einem Fahrzeugsitz sitzenden Person, also der Kraft, die auf den Fahrzeugsitz einwirkt, wird der Weg gemessen, den sich der Fahrzeugsitz unter  
25 Einwirkung der Kraft bzw. des Gewichts der Person bewegt und in ein elektrisches Signal umgewandelt. Es ist bei einer solchen Anwendung einerseits eine genügend große Auflösung des Personengewichts gewünscht andererseits soll sich der Sitz jedoch nur um wenige Millimeter bewegen können, um aufgrund  
30 der notwendigen federnden Aufhängung keine unangenehmen Schaukelbewegungen durchzuführen, es wird also meist eine sehr harte Feder beispielsweise in Form einer Blattfeder verwendet.

35 Die gewünschte geringe Auslenkung verbunden mit einer hohen Auflösung führt also zum Erfordernis einer hohen Empfindlich-

keit der Messanordnung, wobei die Empfindlichkeit möglichst unabhängig von Umwelteinflüssen sein soll.

5 Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, die gattungsgemäße Schaltungsanordnung so weiterzubilden, dass deren Messempfindlichkeit annähernd konstant ist.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 und des Anspruchs 8 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den  
10 Unteransprüchen angegeben.

Durch die Ansteuerung der Primärwicklung des Transformators mit einem Strom mit dreieckförmigem Verlauf lassen sich an den Sekundärwicklungen bipolare Rechteckspannungen abgreifen.  
15 Die Amplitude dieser Rechteckspannungen ist proportional der Auslenkung des Transformator-kerns während die Phasenlage dieser Rechteckspannungen anzeigt, in welche Richtung die Auslenkung erfolgt. Die Rechteckspannungen sind bipolar bezüglich einer Referenzspannung, die vorzugsweise der halben Versorgungsspannung entspricht. Wenn sich der Kern in einer Mittellage zwischen den beiden Sekundärwicklungen befindet, was bei einer Verwendung zur Sitzgewichtsermittlung in einem Kraftfahrzeug einer Situation entspricht, bei der der Sitz nicht belegt ist, sind die Amplituden und Phasen der beiden  
20 Sekundärwicklungsausgangsspannungen gleich groß und ihre Differenz entsprechend gleich Null. Wenn der Kern ausgelenkt wird, wird die eine Sekundärwicklungsausgangsspannung größer und die andere entsprechend kleiner. Zur Ermittlung einer Auslenkung des Kerns aus dieser Mittellage wird daher die  
25 Differenz der beiden gebildet, da hierdurch eine Erhöhung der Empfindlichkeit erzielt werden kann. Außerdem werden additive Störsignale, die beiden Ausgangsspannungen überlagert sind, eliminiert.

30

35 Da die eine Ausgangsspannung größer und die andere Ausgangsspannung kleiner wird und die Beträge der Änderungen im linearen Betrieb gleich groß sind ist die Summe der beiden Aus-

gangsspannungen im Normalbetrieb konstant. Aufgrund von Umwelteinflüssen weichen die Ausgangsspannungen jedoch oft von ihren Nominalwerten ab. In erfindungsgemäßer Weise wird die Summe der Sekundärwicklungsausgangsspannungen mit einem Sollwert verglichen und die Steigung der Anstiegsflanken- und Abfallflankenwerte des dreieckförmigen Ausgangsstroms der Ansteuerschaltung des linear veränderlichen differentiellen Transformators umgekehrt proportional zur Abweichung dieser Summe vom Sollwert verändert. Durch diese Regelung wird erreicht, dass die Empfindlichkeit der Schaltungsanordnung unabhängig von äußeren Einflüssen konstant auf dem vorgegebenen Sollwert gehalten wird. Zur Regelung wird eine entsprechend ausgebildete Steuerschaltung, insbesondere ein Mikroprozessor, verwendet.

In Weiterbildung der Erfindung weist die Auswerteschaltung zwei Verstärkerschaltungen auf, die jeweils mit einer der beiden Sekundärwicklungen verbunden sind und deren Ausgangssignale verstärken, wobei die Ausgänge der Verstärkerschaltungen mit der Steuerschaltung verbunden sind. Hierdurch wird eine Entkopplung der Ausgangsspannungen der Sekundärwicklungen von der Auswerteschaltung erreicht.

Zur Erzeugung des dreieckförmigen Ansteuerstromes für die Primärwicklung des Transformators weist die Ansteuerschaltung in einer vorteilhaften Ausbildung eine Rechteckspannungserzeugungsschaltung und eine dieser nachgeschaltete Integriererschaltung auf.

Die Rechteckspannungserzeugungsschaltung ist dabei in einer vorteilhaften Ausführung mit einem ersten Widerstand, dessen erster Anschluss mit einer dritten Spannungsquelle und dessen zweiter Anschluss mit dem Ausgang der Rechteckspannungserzeugungsschaltung verbunden ist und mit einem zweiten Widerstand, dessen erster Anschluss mit einer vierten Spannungsquelle und dessen zweiter Anschluss über einen von einer Steuerschaltung ansteuerbaren Schalter mit dem Ausgang der

Rechteckspannungserzeugungsschaltung verbunden ist, gebildet sein, wobei die Spannungen der dritten und der vierten Spannungsquelle der Beziehung

5 
$$U_3 - U_{ref} = U_{ref} - U_4$$

folgen und  $U_{ref}$  eine Bezugsspannung ist, die beispielsweise den halben Wert der Versorgungsspannung haben kann. Wenn die dritte und die vierte Spannungsquelle als ansteuerbare, veränderliche Spannungsquellen ausgebildet sind lässt sich durch Ansteuerung der beiden Spannungsquellen durch die Steuerung in einfacher Weise die Amplitude der Rechteckspannung und damit die Flankensteilheit der Dreiecksausgangsspannung der Integrierschaltung einstellen.

15

Da sich bei einer Veränderung der Flankensteilheit bei konstanter Periodendauer des Integrierschaltungsausgangssignals dessen Amplitude ändern würde und möglicherweise ungewünscht hohe Werte annehmen kann, ist in vorteilhafter Weiterbildung der Schaltungsanordnung die Integrierschaltung mit einem Operationsverstärker gebildet, dessen Ausgang auf den invertierenden Eingang über einen Kondensator rückgekoppelt ist, wobei dem Kondensator eine bidirektionale Zenerdiode parallelgeschaltet ist. Dadurch wird die Ausgangsspannung der Integrierschaltung auf einen durch die Zenerdiode bestimmten sowohl positiven als auch negativen Höchstwert begrenzt.

25

In erfindungsgemäßer Weiterbildung ist die Auswerteschaltung derart ausgebildet, dass Abtastwerte der Rechteckspannung sowohl in der ersten als auch in der zweiten Periodenhälfte genommen werden und die aus den jeweiligen Abtastwerten der ersten Periodenhälfte und den jeweiligen Abtastwerten der zweiten Periodenhälfte gebildeten Differenzwerte als Messsignal ausgegeben werden.

35

Durch die Differenzbildung eines positiven und eines negativen Abtastwertes erhält man einen Messwert mit doppelter Amp-

litute, wodurch sich eine Erhöhung der Empfindlichkeit der Messanordnung um den Faktor 2 ergibt. Außerdem werden vorhandene Gleichspannungsoffsets durch die Differenzbildung eliminiert.

5

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen mit Hilfe von Figuren näher erläutert werden. Dabei zeigen

- 10 Figur 1 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung
- Figur 2 den Verlauf charakteristischer Signale der Schaltungsanordnung,
- Figur 3 eine vorteilhafte Ausführung einer Rechteckspannungserzeugungsschaltung und
- 15 Figur 4 eine detaillierte Schaltung für die Rechteckspannungserzeugungsschaltung der Figur 3.

Figur 1 zeigt einen linear veränderlichen differentiellen Transformator LVDT, der mit einer Primärwicklung  $W_p$  und zwei  
20 Sekundärwicklungen  $W_{s1}$ ,  $W_{s2}$  gebildet ist. Über einen Kern K ist die Primärwicklung  $W_p$  mit den Sekundärwicklungen  $W_{s1}$ ,  $W_{s2}$  magnetisch gekoppelt. Die Sekundärwicklungen  $W_{s1}$ ,  $W_{s2}$  sind  
derart in Reihe geschaltet, dass an den freien Anschlüssen 3 und 6 die Differenz der Spannungen an den einzelnen Sekundär-  
25 wicklungen  $W_{s1}$  bzw.  $W_{s2}$  abgreifbar ist. Der Kern K ist beweglich und kann für den bevorzugten Anwendungsbereich in nicht dargestellter Weise mit einem Fahrzeugsitz gekoppelt werden, um sich bei Druck- oder Zugbelastung des Sitzes entsprechend  
zwischen den Wicklungen des linear veränderlichen differentiellen Transformator LVDT zu bewegen. Wenn sich der Kern K  
30 in einer Mittellage zwischen den beiden Sekundärwicklungen  $W_{s1}$ ,  $W_{s2}$  befindet ist die an den Anschlüssen 3 und 6 abgreifbare Spannung gleich 0 Volt.

35 Die Primärwicklung  $W_p$  wird an ihren Anschlüssen 1, 2 von einer Ansteuerschaltung ASS mit einem Strom mit dreieckförmigem Verlauf angesteuert. Den Stromverlauf zeigt das Diagramm 2 in

Figur 2. Die Ansteuerschaltung ASS weist hierzu einen mit einem Operationsverstärker V2 gebildeten Spannungs-Strom-Wandler auf, wobei der Ausgang des Operationsverstärkers V2 über die Primärwicklung auf seinen invertierenden Eingang rückgekoppelt ist. Der invertierende Eingang des Operationsverstärkers V2 ist außerdem über einen Widerstand R4 mit dem Ausgang einer von einer Rechteckspannung angesteuerten Integrerschaltung, die in bekannter Weise mit einem über einen Kondensator C1 von seinem Ausgang auf seinen invertierenden Eingang gegengekoppelten Operationsverstärker V1 gebildet ist, verbunden. Die nicht-invertierenden Eingänge der beiden Operationsverstärker V1 und V2 sind mit einem Referenzpotential Vref verbunden. Das Referenzpotential Vref wird im dargestellten Ausführungsbeispiel mittels eines zwischen der Versorgungsspannung Vcc und einem Massepotential angeordneten Spannungsteilers aus zwei in Reihe geschalteten Widerständen R1 und R2 an deren Mittelabgriff bereitgestellt. Dem zweiten Widerstand R2 des Spannungsteilers ist ein Pufferkondensator C2 parallelgeschaltet. Die Widerstände R1 und R2 des Spannungsteilers sind vorzugsweise gleich groß, so dass die Referenzspannung Vref gleich der halben Versorgungsspannung Vcc ist ( $V_{ref}=V_{cc}/2$ ).

Die Rechteckspannung wird mittels einer Rechteckerzeugungsschaltung RES' gebildet. Sie wird durch Steuersignale SIG1, SIG3 von einer Steuerschaltung StS, die beispielsweise mit einem Mikroprozessor gebildet sein kann, angesteuert, wobei durch das Steuersignal SIG1 die Frequenz und durch das Steuersignal SIG3 die Amplitude der Rechteckspannung eingestellt werden kann. Am Ausgang der Rechteckerzeugungsschaltung RES' liegt eine Spannung mit einem Verlauf gemäß dem Diagramm 1 der Figur 2 an. Es ist eine Spannung mit rechteckförmigem Verlauf, die bezogen auf die Referenzspannung  $U_{ref}=V_{cc}/2$  zwischen zwei Spannungen +Urechteck und -Urechteck im Takt des Steuersignals SIG1 wechselt. Im Ausführungsbeispiel der Figur 1 ist +Urechteck gleich Vcc und -Urechteck gleich 0 Volt (Masse).



Dem Kondensator C1 der Integrierschaltung ist eine bipolare Zenerdiode ZD1 parallelgeschaltet, um die Ausgangsspannung der Integrierschaltung auf einen Maximalwert zu begrenzen.

5 Eine Dreiecksspannung mit begrenztem Maximalwert zeigt das Diagramm 2 der Figur 2. Das Ausgangssignal der Integrierschaltung weist also im Prinzip eine Trapezform auf, die bezüglich der Referenzspannung  $U_{ref}$  zwischen den Werten  $+U_{trapez}$  und  $-U_{trapez}$  über linear ansteigende und abfallende Flanken verläuft. Im Diagramm 2 der Figur 2 ist dieser trapezförmige Verlauf für den Ausgangsstrom des Spannungs-Strom-Wandlers V2 zu erkennen, der entsprechend seiner Eingangsspannung zwischen  $+I_{trapez}$  und  $-I_{trapez}$  über linear ansteigende und abfallende Flanken verläuft.

15

Die Anschlüsse 3, 4, 5 und 6 der Sekundärwicklungen Sw1 und Sw2 sind mit einer Auswerteschaltung AWS verbunden. Die Auswerteschaltung AWS weist eine erste invertierende Verstärkerschaltung auf mit einem Operationsverstärker V4, dessen Ausgang über einen Widerstand R22 auf dessen invertierenden Eingang rückgekoppelt ist. Der Anschluss 3 der ersten Sekundärwicklung Sw1 ist über einen Widerstand R20 mit dem nicht-invertierenden Eingang und der Anschluss 4 der ersten Sekundärwicklung Sw1 über einen Widerstand R21 mit dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers V4 verbunden.

25

Die Auswerteschaltung AWS weist ferner eine zweite invertierende Verstärkerschaltung mit einem Operationsverstärker V5 auf, dessen Ausgang über einen Widerstand R25 auf dessen invertierenden Eingang rückgekoppelt ist. Der Anschluss 5 der zweiten Sekundärwicklung Sw2 ist über einen Widerstand R24 mit dem nicht-invertierenden Eingang und der Anschluss 6 der zweiten Sekundärwicklung Sw2 über einen Widerstand R23 mit dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers V5 verbunden.

35

Am Ausgang des ersten Verstärkerschaltung ist eine erste Ausgangsspannung Ua3 und am Ausgang der zweiten Verstärkerschaltung eine zweite Ausgangsspannung Ua4 abgreifbar. Die beiden Ausgangsspannungen Ua3, Ua4 werden der Steuerschaltung StS  
5 zugeführt, die ihrerseits abhängig von diesen beiden Ausgangsspannungen Ua3, Ua4 ein Steuersignal SIG3 zur Ansteuerung der Rechteckerzeugungsschaltung RES' bereitstellt. Die Verläufe der beiden Ausgangsspannungen Ua3 und Ua4 sind im  
10 Diagramm 3 der Figur 2 für einen Fall, dass der Kern K des Transformators aus seiner Mittellage ausgelenkt ist, dargestellt.

Die Auswerteschaltung AWS weist eine dritte invertierende Verstärkerschaltung auf, die mit einem Operationsverstärker  
15 V3 gebildet ist, dessen Ausgang über einen Widerstand R6 auf dessen invertierenden Eingang rückgekoppelt ist. Der Ausgang der ersten Verstärkerschaltung V4, R20, R21, R22 ist über einen Widerstand R7 mit dem nicht-invertierenden Eingang des Operationsverstärkers V3 und der Ausgang der zweiten Verstär-  
20 kerschaltung V5, R23, R24, R25 über einen Widerstand R5 mit dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers V3 verbunden. Der nicht-invertierende Eingang des Operationsverstärkers V3 ist ferner über einen Widerstand R8 mit dem Referenzpotential Vref verbunden. Auch die beiden Anschlüsse 4  
25 und 5 der beiden Sekundärwicklungen Sw1, Sw2 sind mit dem Referenzpotential Vref verbunden.

Alle Operationsverstärker der Schaltungsanordnung gemäß Figur 1 werden an den Versorgungspotentialen Vcc und Masse betrieben.  
30

Die Auswerteschaltung AWS ist außerdem mit einer Auswerteeinheit AE gebildet, die von einem von der Steuerschaltung StS gelieferten Steuersignal SIG2 angesteuert wird. Der Eingang  
35 der Auswerteeinheit AE ist mit dem Ausgangsanschluss 8 des Operationsverstärkers V3 verbunden. An deren Ausgang wird ein Messsignal MS bereitgestellt. Die Auswerteeinheit AE ist der-

art ausgebildet, dass sie getaktet von dem von der Steuer-  
schaltung erzeugten zweiten Steuersignal SIG2 in vorteilhaft-  
ter Weise die Ausgangsspannung Ua5 des Operationsverstärkers  
V3 sowohl in der ersten Periodenhälfte zu einem Abtastzeit-  
punkt At1 als auch in der zweiten Periodenhälfte zu einem Ab-  
tastzeitpunkt At2 abtastet und die erhaltenen Werte voneinan-  
der abzieht, also deren Differenz bildet. Auf diese Weise  
werden einerseits Gleichtaktstörungen unterdrückt und ande-  
rerseits wird die Amplitude des Messsignals MS gegenüber dem  
Ausgangssignal Ua5 des Operationsverstärkers V3 verdoppelt,  
so dass die Empfindlichkeit der gesamten Schaltungsanordnung  
erhöht wird.

In Figur 3 ist eine vorteilhafte Ausführungsform der Recht-  
eckerzeugungsschaltung RES' dargestellt. Dort ist ein erster  
Widerstand R3a mit seinem einen Anschluss mit dem invertie-  
renden Eingang des Operationsverstärkers V1 der Integrier-  
schaltung und mit seinem anderen Anschluss mit einer dritten  
Spannungsquelle, die eine Spannung U3 bereitstellt, verbun-  
den. Ein zweiter Widerstand R3b ist mit seinem einen An-  
schluss über einen ansteuerbaren Schalter S2 ebenfalls mit  
dem invertierenden Eingang des Operationsverstärkers V1 und  
mit seinem anderen Anschluss mit einer vierten Spannungsquel-  
le, die eine Spannung U4 bereitstellt, verbunden. Der zweite  
Widerstand R3b hat dabei den halben Wert des Widerstands R3a  
und die von der dritten und der vierten Spannungsquelle ge-  
lieferten Spannungen U3, U4 folgen der Beziehung

$$U3 - V_{\text{ref}} = V_{\text{ref}} - U4,$$

was bedeutet, dass die Spannungen symmetrisch zum Referenzpo-  
tential Uref sind. Der Schalter S2 wird durch das erste Steu-  
ersignal SIG1 von der Steuerschaltung StS angesteuert.

Durch die vorteilhafte Ausführung einer Rechteckspannungser-  
zeugungsschaltung RES' gemäß Figur 3 ist einerseits nur ein  
einfacher Schalter S1 nötig und andererseits lässt sich durch

Wahl der Werte der Spannungen  $U_3$  und  $U_4$  der dritten bzw. der vierten Spannungsquelle die Steilheit der Flanken der Ausgangsspannung der Integrierschaltung bzw. des Ausgangsstromes des als Spannungs-Strom-Wandler fungierenden Operationsverstärkers V2 einstellen.

Eine entsprechende detaillierte Schaltung zeigt die Figur 4. Dort ist die dritte Spannungsquelle mit einem invertierenden Verstärker gebildet, der über eine Tiefpassschaltung aus Widerständen R11, R12 und R13 sowie eines Kondensators C11 von einem pulsdauermodulierten Signal SIG3 angesteuert wird. Das pulsdauermodulierte Signal SIG3 wird von der nicht dargestellten Steuerschaltung geliefert. Durch Verändern der Pulsdauer und die Tiefpassfilterung kann die Eingangsspannung des Invertierverstärkers geändert werden, so dass sich an dessen Ausgang eine veränderbare Spannung  $U_3'$  ergibt. Der Ausgang des Operationsverstärkers V11 ist über einen Widerstand R14 auf seinen invertierenden Eingang rückgekoppelt. Sein nicht-invertierender Eingang ist mit dem Referenzpotential  $V_{ref}$  beaufschlagt.

Die vierte Spannungsquelle ist ebenfalls mit einem Invertierverstärker aus einem Operationsverstärker V12, dessen Ausgang über einen Widerstand R16 auf seinen invertierenden Eingang rückgekoppelt ist und dessen nicht-invertierender Eingang mit dem Referenzpotential  $V_{ref}$  verbunden ist, gebildet. Sein invertierender Eingang ist außerdem über einen Widerstand R15 mit dem Ausgang der dritten Spannungsquelle verbunden. Wenn die Verstärkung des Invertierverstärkers auf -1 eingestellt wird ist seine Ausgangsspannung  $U_4'$  bezüglich des Referenzpotentials  $V_{ref}$  symmetrisch zur Ausgangsspannung  $U_3'$  der dritten Spannungsquelle, so dass auch hier die Beziehung

$$U_3' - V_{ref} = V_{ref} - U_4'$$

gilt.

Der Schalter S2 ist durch einen Bipolartransistor T11 realisiert, dessen Basis über einen Widerstand R17 vom ersten Steuersignal SIG1 angesteuert wird.

## Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung mit einem linear veränderlichen differentiellen Transformator (LVDT) als Weg- oder Kraftsensor,  
5 mit einer Ansteuerschaltung (ASS), die mit der Primärwicklung (Wp) des Transformators (LVDT) verbunden ist und einen Ausgangsstrom zur Ansteuerung der Primärwicklung (Wp) bereitstellt und mit einer Auswerteschaltung (AWS), die mit den Sekundärwicklungen (Ws1, Ws2) des Transformators (LVDT) verbunden  
10 ist und ein Messsignal (MS) bereitstellt, wobei der Ausgangsstrom der Ansteuerschaltung (ASS) einen dreieckförmigen Verlauf mit betragsmäßig gleich großen Anstiegsflanken- und Abfallflankenwerten aufweist,

**dadurch gekennzeichnet,**

15 dass die Ausgangsanschlüsse (3, 4, 5, 6) der Sekundärwicklungen (Sw1, Sw2) mit einer Steuerschaltung (StS) verbunden sind, die derart ausgebildet ist, dass sie die Summe der an den Ausgangsanschlüssen (3, 4, 5, 6) anliegenden Ausgangsspannungen (Ua3, Ua4) mit einem Sollwert vergleicht, und  
20 dass die Steuerschaltung (StS) mit der Ansteuerschaltung (ASS) derart in Wirkverbindung ist, dass die Anstiegsflanken- und Abfallflankenwerte des dreieckförmigen Ausgangsstroms der Ansteuerschaltung (ASS) umgekehrt proportional zur Abweichung der Summe der Ausgangsspannungen (Ua3, Ua4) von dem Sollwert  
25 verändert werden.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Auswerteschaltung zwei Verstärkerschaltungen  
30 (VS1, VS2) aufweist, die jeweils mit einer der beiden Sekundärwicklungen (Sw1, Sw2) verbunden sind und deren Ausgangssignale verstärken, und  
dass die Ausgänge der Verstärkerschaltungen (VS1, VS2) mit der Steuerschaltung (StS) verbunden sind.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ansteuerschaltung (ASS) eine Rechteckspannungserzeugungsschaltung (RES') und eine von dieser angesteuerte Integrierschaltung (V1, C1) aufweist.

5

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rechteckspannungserzeugungsschaltung (RES') mit einem ersten Widerstand (R3a), dessen erster Anschluss mit einer dritten Spannungsquelle und dessen zweiter Anschluss mit dem Ausgang der Rechteckspannungserzeugungsschaltung (RES') verbunden ist und mit einem zweiten Widerstand (R3b), dessen erster Anschluss mit einer vierten Spannungsquelle und dessen zweiter Anschluss über einen von einer Steuerschaltung (StS) ansteuerbaren Schalter (S2) mit dem Ausgang der Rechteckspannungserzeugungsschaltung (RES') verbunden ist, gebildet ist, wobei die Spannungen der dritten und der vierten Spannungsquelle der Beziehung

20  $U3 - U_{ref} = U_{ref} - U4$

folgen und  $U_{ref}$  eine Bezugsspannung ist.

25 5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte und die vierte Spannungsquelle ansteuerbar ausgebildet sind und ihre Spannungen ( $U3$ ,  $U4$ ) durch die Steuerschaltung (StS) veränderbar sind.

30

6. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Integrator mit einem Operationsverstärker (V1) gebildet ist, dessen Ausgang auf den invertierenden Eingang über einen Kondensator (C1) rückgekoppelt ist, wobei dem Kondensator (C1) eine bidirektionale Zenerdiode (ZD1) parallelgeschaltet ist.

35

7. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteschaltung (AWS) derart ausgebildet ist, dass Abtastwerte der an den Sekundärwicklungen (Sw1, Sw2) abgegriffenen, rechteckförmigen Differenz von deren Ausgangsspannungen (Ua3, Ua4) sowohl in der ersten als auch in der zweiten Periodenhälfte genommen werden und die aus den jeweiligen Abtastwerten der ersten Periodenhälfte und den jeweiligen Abtastwerten der zweiten Periodenhälfte gebildeten Differenzwerte als Messsignal (MS) ausgegeben werden.

8. Verfahren zum Betreiben einer Schaltungsanordnung mit einem linear veränderlichen differentiellen Transformator (LVDT) als Weg- oder Kraftsensor, mit einer Ansteuerschaltung (ASS), die mit der Primärwicklung (Wp) des Transformators (LVDT) verbunden ist und einen Ausgangsstrom zur Ansteuerung der Primärwicklung (Wp) bereitstellt und mit einer Auswerteschaltung (AWS), die mit den Sekundärwicklungen (Ws1, Ws2) des Transformators (LVDT) verbunden ist und ein Messsignal (MS) bereitstellt, wobei der Ausgangsstrom der Ansteuerschaltung (ASS) einen dreieckförmigen Verlauf mit betragsmäßig gleich großen Anstiegsflanken- und Abfallflankenwerten aufweist,

**dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausgangsspannungen (Ua3, Ua4) der Sekundärwicklungen (Sw1, Sw2) eine Steuerschaltung (StS) ansteuern, die die Summe der Ausgangsspannungen (Ua3, Ua4) mit einem Sollwert vergleicht, und die Ansteuerschaltung (ASS) derart ansteuert, dass die Anstiegsflanken- und Abfallflankenwerte des dreieckförmigen Ausgangsstroms der Ansteuerschaltung (ASS) umgekehrt proportional zur Abweichung der Summe der Ausgangsspannungen (Ua3, Ua4) von dem Sollwert verändert werden.



## Zusammenfassung

Schaltungsanordnung mit einem linear veränderlichen differentiellen Transformator (LVDT) als Weg- oder Kraftsensor und  
5 Verfahren zum Betreiben einer solchen Schaltungsanordnung

Bei einer Schaltungsanordnung mit einem linear veränderlichen differentiellen Transformator (LVDT) als Weg- oder Kraftsensor, mit einer Ansteuerschaltung (ASS), die mit der Primärwicklung ( $W_p$ ) des Transformators (LVDT) verbunden ist und einen Ausgangsstrom zur Ansteuerung der Primärwicklung ( $W_p$ ) bereitstellt und mit einer Auswerteschaltung (AWS), die mit den Sekundärwicklungen ( $W_{s1}$ ,  $W_{s2}$ ) des Transformators (LVDT) verbunden ist und ein Messsignal (MS) bereitstellt, wobei der  
15 Ausgangsstrom der Ansteuerschaltung (ASS) einen dreieckförmigen Verlauf mit betragsmäßig gleich großen Anstiegsflanken- und Abfallflankenwerten aufweist, sind die Ausgangsanschlüsse (3, 4, 5, 6) der Sekundärwicklungen ( $W_{s1}$ ,  $W_{s2}$ ) mit einer Steuerschaltung (StS) verbunden, die derart ausgebildet ist,  
20 dass sie die Summe der an den Ausgangsanschlüssen (3, 4, 5, 6) anliegenden Ausgangsspannungen ( $U_{a3}$ ,  $U_{a4}$ ) mit einem Sollwert vergleicht, wobei die Steuerschaltung (StS) mit der Ansteuerschaltung (ASS) derart in Wirkverbindung ist, dass die Anstiegsflanken- und Abfallflankenwerte des dreieckförmigen  
25 Ausgangsstroms der Ansteuerschaltung (ASS) umgekehrt proportional zur Abweichung der Summe der Ausgangsspannungen ( $U_{a3}$ ,  $U_{a4}$ ) von dem Sollwert verändert werden.

Figur 1

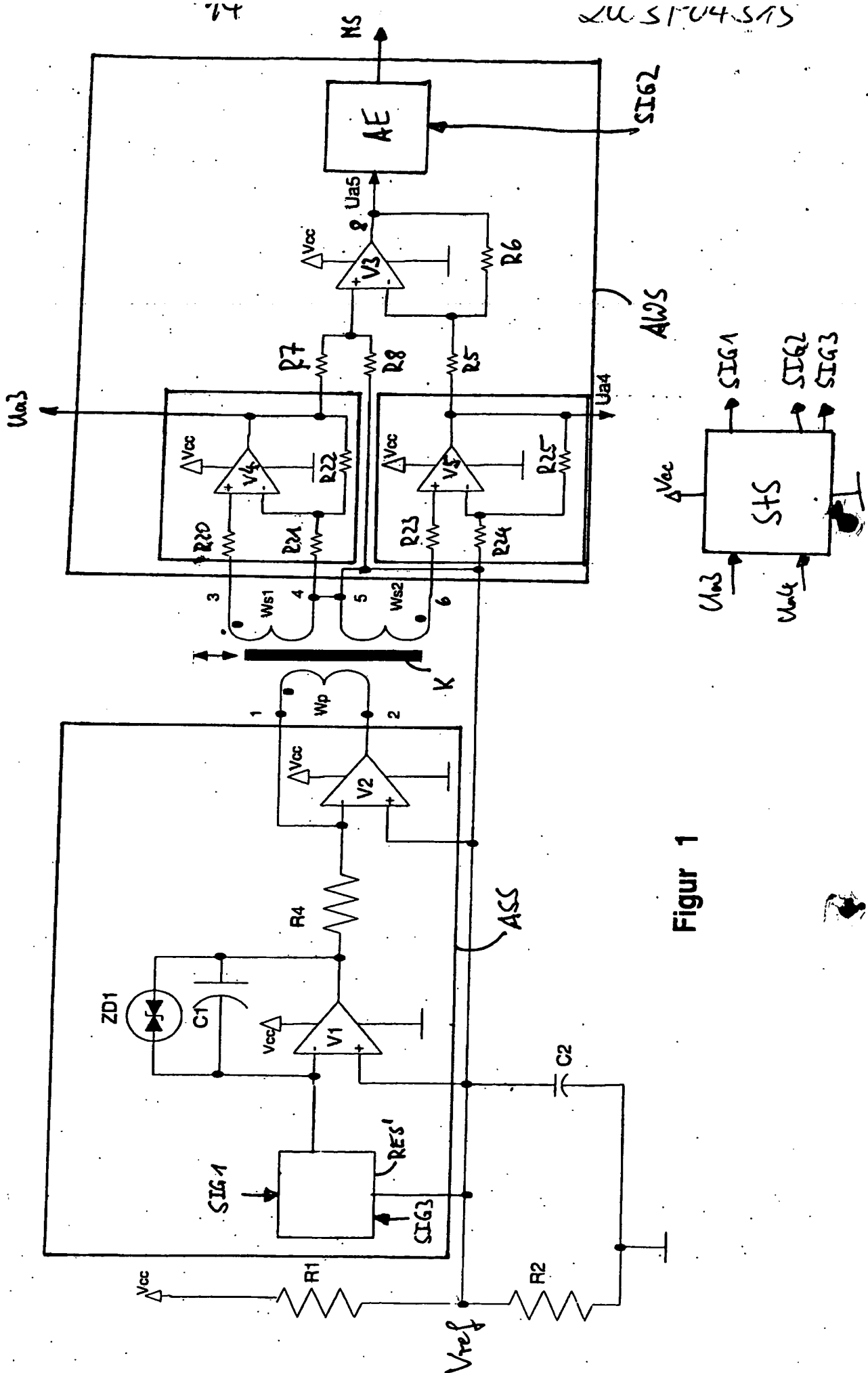
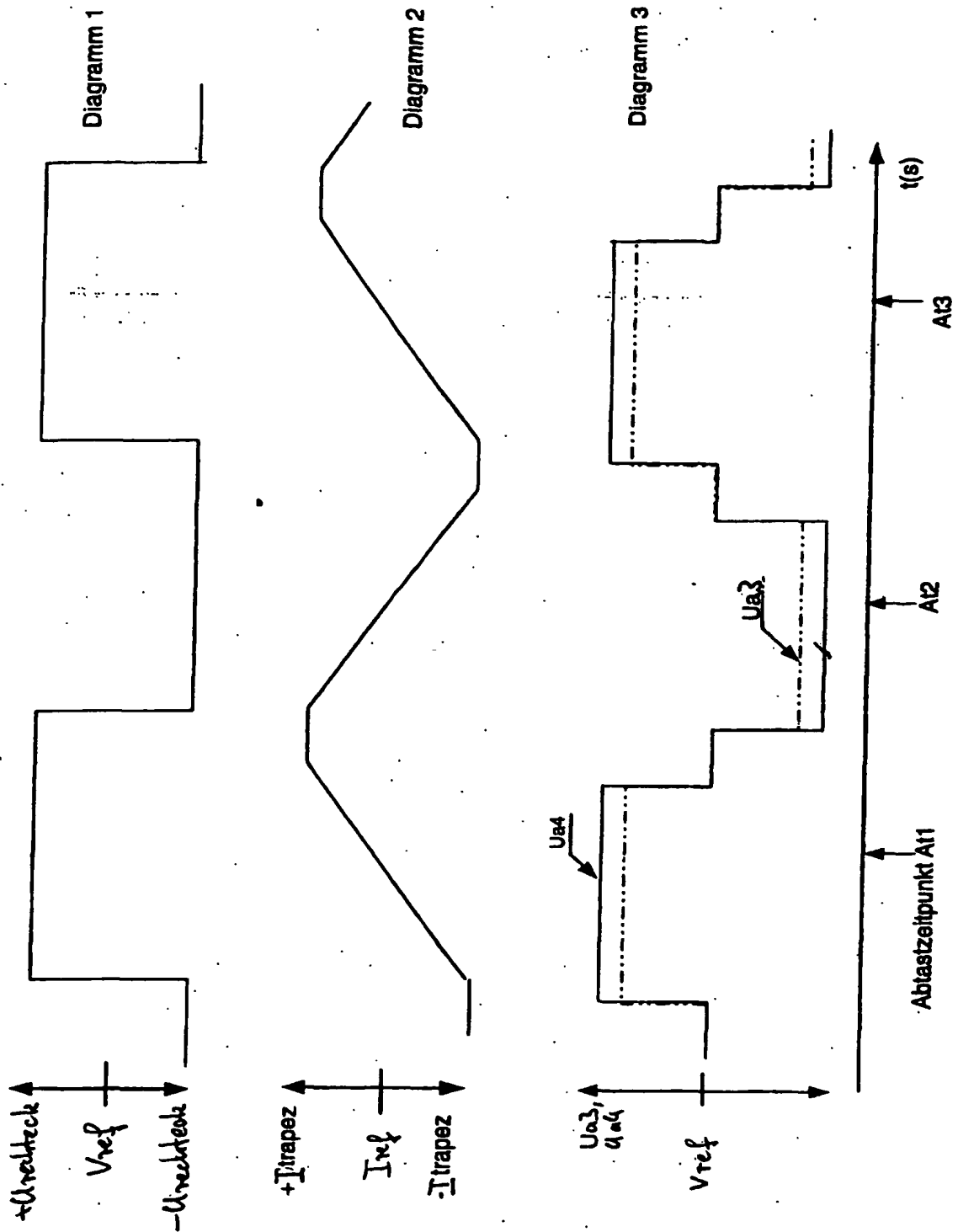
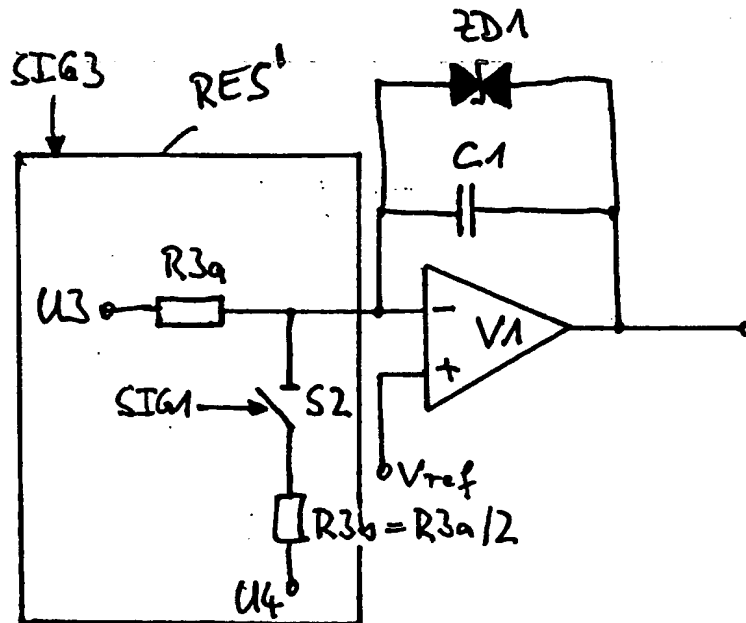


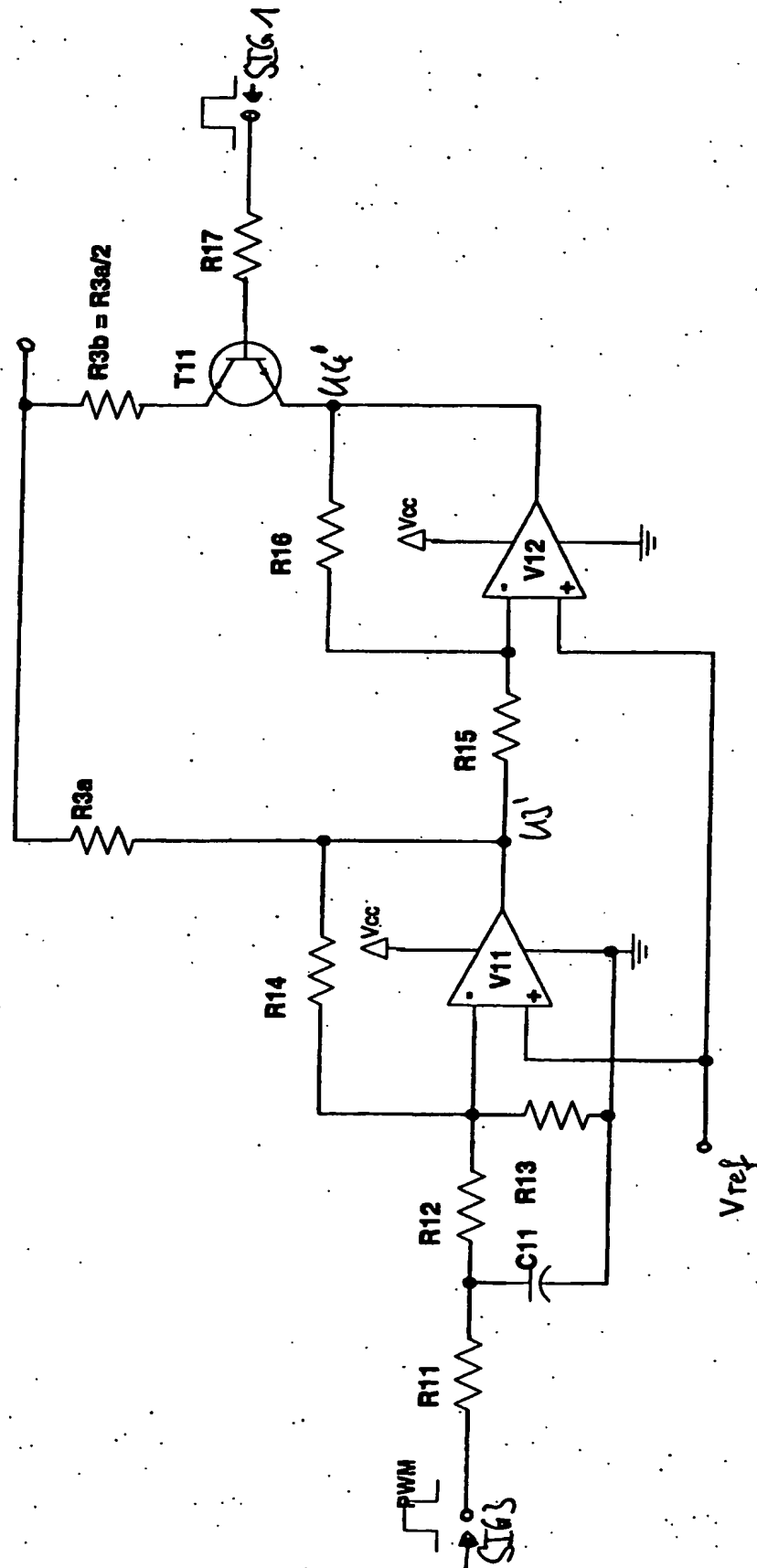
Figure 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**